

## ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ГИРОРЕЗОНАНСНЫЙ ПЛАЗМЕННЫЙ УСКОРИТЕЛЬ КАК ИСТОЧНИК ИМПУЛЬСНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ИЗМЕНЯЕМЫМ СПЕКТРОМ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В РАДИОЛОГИИ \*)

Андреев В.В., Новицкий А.А., Чупров Д.В.

*Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы,  
[chuprov-dv@rudn.ru](mailto:chuprov-dv@rudn.ru).*

Одним из перспективных направлений современных биомедицинских поисковых исследований в области борьбы со злокачественными новообразованиями является использование при лучевом воздействии на пораженные ткани радиосенсибилизаторов на основе наночастиц металлов с большим зарядовым числом и их соединений [1,2]. Накопление наночастиц в пораженных клетках позволяет существенно увеличивать поглощенную дозу и повышать эффективность лучевой терапии. При этом для снижения лучевой нагрузки на ткани выгодно использовать излучение со сравнительно высокими значениями энергий квантов (более 50–100 кэВ).

С точки зрения физики на передний план здесь выходят вопросы взаимодействия рентгеновского и гамма-излучения с наноструктурными радиосенсибилизаторами, а также проблема разработки рентгеновских источников с возможностью гибкой адаптации спектральных характеристик излучения. Обычно в этих исследованиях используются комбинированные источники с несколькими рентгеновскими трубками и поглощающими фильтрами, либо источники с одним, или несколькими радиоизотопами.

Ранее была показана возможность получения тормозного излучения с энергиями квантов свыше 100 кэВ от взаимодействия высокоэнергичных плазменных сгустков с газовыми и твердотельными мишенями. Плазменные сгустки со средними энергиями частиц порядка 0,3–0,5 МэВ были получены при гирорезонансном взаимодействии плазмы с полем стоячей СВЧ-волны в короткой [3] или длинной [4] пробочной магнитной ловушке. Получаемые сгустки имеют пространственную локализацию в виде соосных пробкотрону кольцевых структур, импульс частиц в сгустке преимущественно азимутальный. Средний радиус кольцевых структур порядка 1–2 см зависит от энергии частиц, а также от величины и пространственного распределения стационарного и импульсного магнитных полей.

Генерируемое в результате тормозное и характеристическое излучение имеет энергетический спектр, зависящий от материала мишени и энергии частиц сгустка. Результаты натуральных и численных экспериментов показали концентрацию высокоэнергичного излучения в направлении поперек магнитного поля. Для длинной ловушки характерно сравнительно долгое удержание (порядка 20–30 мс) сгустка в минимуме поля пробкотрона. В короткой ловушке длительное удержание сгустка невозможно, однако на численной модели была показана возможность его высадки на прострельную мишень в торце камеры за счет выключения одной из магнитных пробок. Это позволяет получать короткие импульсы тормозного излучения большой интенсивности.

Работы выполнены в рамках ГЗ на 2025 год, ЕГИСУ № 1024080400001-8-1.3.5;1.6.1;1.6.4

### Литература

- [1]. Морозов В.Н., Белоусов А.В., Зверев В.И. и др. // Биофизика, 2020, том 65, № 4, с. 629–637.
- [2]. Morozov K.V., Kolyvanova M.A., Kartseva M.E. etc. // Nanomaterials 2020, № 10, 952.
- [3]. Andreev V.V., Chuprov D.V., Pigionis V.I. etc. // Physics of Plasmas, 2017, № 24, 093518.
- [4]. Andreev V.V., Novitsky A.A., Umnov A.M. // Physics of Plasmas. 2021, 28, № 9, 092507.

\*) [DOI – тезисы на английском](#)